



## Présentation

**Code interne :** PI9MSNMT

### Description

Appréhender les spécificités du champ pluridisciplinaire portant sur les nanosciences et les micro/nanotechnologies en combinant les deux approches complémentaires « bottom-up » et « top-down ». Ces deux approches vont se traduire par un enseignement transversal touchant aux domaines de la chimie, de la physique et de la biologie. Acquérir des compétences solides dans ces différents secteurs ainsi qu'une spécificité qu'ils puissent valoriser pour leur insertion professionnelle. L'enseignement de cette spécialisation est assuré en langue anglaise.

### Heures d'enseignement

|     |                   |      |
|-----|-------------------|------|
| PRJ | Projet            | 50h  |
| CM  | Cours Magistraux  | 187h |
| TP  | Travaux Pratiques | 28h  |

### Pré-requis obligatoires

Connaissances générales (celles des deux premières années de l'ENSCBP département Chimie-Physique) dans les domaines de la physique et de la chimie.

### Syllabus

#### **Partie 1 : Techniques de fabrication et de caractérisation (mutualisation partielle avec PC0MSSCE)**

##### **Objectifs**

Acquérir des compétences fortes et indispensables sur les techniques de micro- et nano-fabrication ainsi que les techniques maintenant courantes pour caractériser les nanostructures ou nano-objets formés. A côté des cours traditionnels, des travaux pratiques dans le domaine de la microscopie et des biotechnologies permettront aux étudiants de mettre en œuvre et conforter leurs connaissances théoriques.

## Contenu

### **TB: Techniques de balayage en champ proche** (Sophie Marsaudon, CBMN)

- o Introduction aux méthodes de champ proche
- o Microscopie à force atomique et microscopie à effet tunnel
- o TP Microscopie à force atomique

### **MC: Méthodes de caractérisation** (Philippe Vinatier, ICMCB)

- o Spectroscopies électroniques (SEM, TEM),
- o Spectroscopie de photo-électrons X (XPS, ESCA),
- o Les différentes spectroscopies : AES, ICP, XRF,
- o La rétrodiffusion de Rutherford (RBS),
- o Exemples d'application

### **SHRS: Spectroscopie à haute résolution spatiale** (Laurent Servant, ISM)

- o Réflexion totale: origine et applications.
- o Optique des films ultraminces.
- o Application à la spectroscopie des films monomoléculaires, couches minces.
- o Microspectroscopies optiques:
- o Microscopies confocales Raman et de fluorescence,
- o Microscopies à champ proche optique.
- o SERS, FRET

### **MCM: Matériaux et couches minces**

- o Principes,
- o Mécanismes de dépôt,
- o Caractéristiques des dépôts,
- o Les différents procédés et les domaines d'applications.
- o Evaporation, pulvérisation cathodique, ion-plating et CVD

### **ISI: Ingénierie des surfaces et des interfaces** (Alexander Kuhn, ISM)

- o Surface d'un solide,
- o Couche monomoléculaire,
- o Structure multicouche,
- o Auto-assemblage,
- o Fonctionnalisation multi-échelle
- o TP Microscopie à effet Tunnel

## **MNA: Matériaux nanostructurés & applications** (JL Bobet ICMCB & Valérie Vigneras, IMS)

- o Effets de taille pour les matériaux.
- o Matériaux nanophasés. Céramiques. Métaux. Poreux, zéolithes.
- o Matériaux composites.
- o Métamatériaux et applications en optique et télécommunications

### **Modalités d'évaluation**

Analyse d'un article scientifique récent choisi par l'étudiant. En s'appuyant sur ce qui a été vu en cours, une ouverture sera proposée sur des sujets connexes à ceux traités dans l'article.

## **Partie 2 : Nano-objets et auto-organisation**

### **Objectifs**

Découvrir des nano-objets et nanomatériaux variés (nanotubes, nanofibres, nanoparticules, nanostructures organisés, etc.) et leurs propriétés spécifiques liées à leurs tailles caractéristiques. Maîtriser ces nano-objets pour leur utilisation future dans des applications novatrices, et approfondir les aspects industriels liés à leur fabrication. Etre très fortement sensibilisé aux aspects toxicologique et environnementaux liés aux nanomatériaux. Etre formé au travail en salle blanche lors d'un stage d'un stage d'une semaine à l'AIME de Toulouse au cours duquel les étudiants expérimentent les technologies de fabrication de composants électroniques, circuits intégrés ou microsystèmes ainsi que les tests de caractérisation associés aux différentes étapes. Ce stage est un moyen de mettre en œuvre les différentes technologies vues lors des années ou des cours précédents.

### **Contenu**

#### **NP: Nanoparticules métalliques, polymères, inorganiques** (Mona Treguer, ICMCB)

- o Nanoparticules de composition et de morphologie contrôlées
- o Propriétés optiques et électroniques de nanoparticules métalliques et de semi-conducteurs
- o Applications biomédicales des nanoparticules
- o TP : Synthèse de nanoparticules de morphologie variable
- o TP : Nanoparticules pour la photovoltaïque

#### **NT: Nanotubes et nanofibres** (Philippe Poulin, CRPP & Gilles Meunier, Pierre Gérard, Patrick Piccione et Patrice Gaillard, Arkema)

- o Structure : nanotubes monoparois, nanotubes multiparois, nanofilaments.
- o Procédés de synthèse,
- o Propriétés des nanotubes
- o Formulation de nanocomposites,
- o Propriétés et applications des nanocomposites,
- o Matériaux fonctionnels.
- o Nanostructuration de copolymères à blocs.
- o Propriétés produits
- o TP : Fibres de nanotubes : préparation, caractérisations mécaniques et électriques

#### **NTox: Toxicité des nanomatériaux et des nanotechnologies** (Daniel Bernard, ARKEMA)

## **TMN: Techniques de micro/nanofabrication** (Guillaume Wantz, IMS)

- o Approches « top-down », silicium, wafer,
- o Photolithographies optique, électronique, ionique,
- o Nano-imprint,
- o Fabrication d'un MOSFET, d'une LED, d'un micro-moteur

## **EO: Electronique organique** (Laurence Vignau & Guillaume Wantz, IMS )

- o Introduction sur les semi-conducteurs organiques.
- o Cellules photovoltaïques organiques.
- o Les diodes électroluminescentes (OLEDs) et les transistors organiques (OFETs).
- o Electronique moléculaire.
- o TP : Composants organiques

## **CMS: Capteurs et microsystèmes** (Corinne Déjous et Cédric Ayela, IMS)

- o MEMS, NEMS, Microcapteurs physiques (capteurs de pression, accéléromètres, ...)
- o Microcapteurs chimiques (principe et mise en œuvre, cas des dispositifs à structures résonantes, application à la détection d'espèces en milieu gazeux ou liquide, application à la caractérisation de matériaux)
- o Microactionneurs (principe, exemples, ...)

## **Stage AIME: Stage de microfabrication à l'Atelier Interuniversitaire de Micro-Electronique de Toulouse** (une semaine complète)

- o Procédés de fabrication en salle blanche de composants et circuits intégrés ainsi que les tests de caractérisation associés aux différentes étapes

### **Modalités d'évaluation**

Rapport sur le travail effectué pendant le stage d'une semaine à l'AIME et réponse à un questionnaire sur le stage.

## **Partie 3 : Applications**

### **Objectifs**

Dans cette partie seront présentées et détaillées les applications concrètes des nanosciences et des nanotechnologies.

### **Contenu**

#### **MNF: Micro/Nanofluidique** (JB Salmon LOF-Rhodia)

- o Manipulation des fluides aux petites échelles,
- o Techniques haut débits,
- o Méthodes de fabrications des puces,
- o Ecoulements mono/di-phasiques,
- o Formation des gouttes et d'écoulement parallèle,

- o Applications en biologie et en chimie.
- o Méthodes de fabrications des puces :PDMS verre silicium.
- o Mise en œuvre pression débit pompe.
- o Technologie jet d'encre.
- o TP : Fabrication d'une puce microfluidique
- o TP : Mesure d'une constante de réaction chimique en microfluidique

## **NA: Nanosystèmes analytiques** (Neso Sojic, ISM)

- o Biopuces, « lab-on-chip », réseaux, nez artificiel

## **NPI: Nanophotonique/imagerie** (Laurent Cognet, LOMA)

- o Propriétés optiques des nanosystèmes (molécules, nanoparticules métalliques et semiconducteurs, nanotubes),
- o Marqueurs fluorescents (nanoparticules, molécules uniques, protéines fluorescentes),
- o Propriétés optiques des structures nanométriques.

## **PTMS: Particle Technology and Material Science in Industry** (Peter Reynders-Merck)

## **RDMP: R&D management processes** (Peter Reynders-Merck)

### **Modalités d'évaluation**

Rapport de synthèse sur une des conférences industrielles proposées dans cette partie.

## **Partie 4 : Projet Industriel**

### **Objectifs**

Le Projet Industriel permet aux élèves de travailler sur un sujet d'actualité proposé par un industriel en lien avec la spécialisation. Cela implique de respecter un cahier des charges donné en répondant aux divers objectifs affichés par l'industriel. Le sujet peut être un sujet bibliographique et/ou de la veille technologique.

Le travail réalisé doit utiliser la démarche de la conduite de projets dans l'industrie.

Il est professionnalisant et peut éventuellement déboucher sur un stage dans l'Entreprise commanditaire.

### **Contenu**

Les élèves travaillent par groupe de 3 à 4 personnes. Chaque groupe de projet doit travailler en concertation avec l'Entreprise commanditaire du projet et avec l'enseignant tuteur du projet (chaque groupe est suivi spécifiquement par un enseignant du module de spécialisation).

Chaque groupe de projet doit remettre à la fin du projet un rapport écrit de 20 pages maximum.

### **Modalités d'évaluation**

Orale (Présentation : 20 min ; Discussion : 20 min)

## **Partie 5 : Grand Oral**

## Objectifs

Etre capable de présenter de manière structurée une problématique liée à un article scientifique et aux enseignements de spécialisation suivis.

## Contenu

Les élèves présentent oralement leur sujet à un jury composé de trois examinateurs (enseignants intervenant dans le module). Il s'ensuit une discussion qui permet de balayer l'ensemble des thématiques abordées au cours des enseignements de spécialisation. Des questions sur les cours suivis tout au long du cursus de l'élève peuvent aussi être posées.

## Modalités d'évaluation

Orale (Présentation : 5 min avec support ppt; Discussion : 25 min)

## Responsables

- Neso Sojic
- Guillaume Wantz

## Informations complémentaires

Spécialisation au choix

## Bibliographie

Nanofabrication: Fundamentals and Applications. Ampere A. Tseng et Ampere a. Tseng  
Scanning Probe Microscopy: Characterization, Nanofabrication And Device Application Of Functional Materials. Paula Maria Vilarinho, Yossi Rosenwaks, Angus Kingon. Kluwer Academic Publishers.  
Micro-nanofabrication: Technologies And Applications. Zheng Cui, Z. Cui. Springer.  
Plasmonics: Nanoimaging, Nanofabrication, and Their Applications. Satoshi Kawata, Vladimir M. Shalaev, Din P. Tsai.  
Self-Assembled Nanostructures. Jin-Hua Zhang, Zhong-Lin Wang, et Zhang Jin Zhang

## Modalités de contrôle des connaissances

### Évaluation initiale / Session principale - Épreuves

| Type d'évaluation | Nature de l'épreuve       | Durée (en minutes) | Nombre d'épreuves | Coefficient de l'épreuve | Note éliminatoire de l'épreuve | Remarques |
|-------------------|---------------------------|--------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------------|-----------|
| Contrôle Continu  | Evaluation de compétences |                    |                   |                          |                                |           |

## Seconde chance / Session de rattrapage - Épreuves

| Type d'évaluation | Nature de l'épreuve       | Durée (en minutes) | Nombre d'épreuves | Coefficient de l'épreuve | Note éliminatoire de l'épreuve | Remarques |
|-------------------|---------------------------|--------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------------|-----------|
| Contrôle Continu  | Evaluation de compétences |                    |                   |                          |                                |           |